



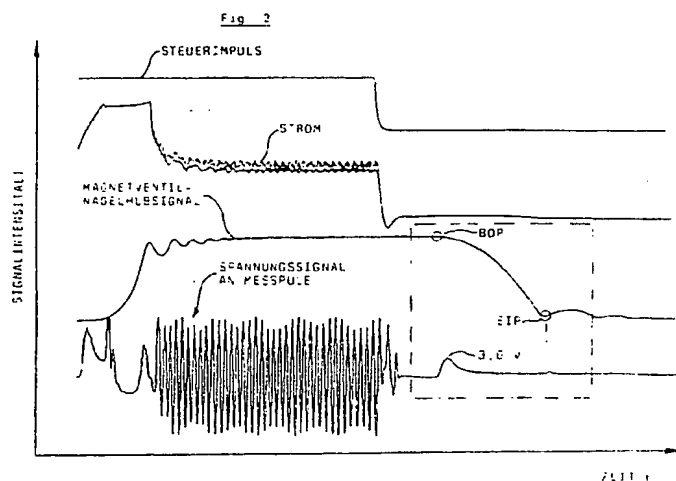
71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Rodriguez-Amaya, Néstor, Dipl.-Ing., 7000 Stuttgart, DE;  
Schmitt, Alfred, Dr.-Ing., 7257 Ditzingen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Einrichtung zur Detektion der Schaltzeiten von Magnetventilen

Bei einem Verfahren zur Kontrolle der mechanischen Bewegung eines Magnetventilankers, für dessen Betätigung eine Magnetwicklung vorgesehen ist, mittels eines vom Strom durch die Magnetwicklung abgeleiteten Signals, wird die Induktion der Magnetwicklung überwacht und mittels einer externen Energiequelle die Induktivitätsänderung an Schaltpunkten des Magnetventils auf einen feststellbaren Signalpegel angehoben. Bei einer Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist eine an die Magnetwicklung angeschlossene Koppereinrichtung zum Nachweis einer Induktionsänderung mit einer nachgeschalteten Energiequelle zur Anhebung der Induktionsänderung auf einen feststellbaren Signalpegel vorgesehen.



1. Verfahren zur Kontrolle der mechanischen Bewegung eines Magnetventilankers, für dessen Betätigung eine Magnetwicklung vorgesehen ist, mittels eines vom Strom durch die Magnetwicklung abgeleiteten Signals, dadurch gekennzeichnet, daß die Induktion der Magnetwicklung (*L*) überwacht und mittels einer externen Energiequelle (*B*) die Induktivitätsänderungen an Schaltpunkten (*BIP*, *BOP*, *EIP*) des Magnetventils (*MV*) auf einen feststellbaren Signalpegel angehoben werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Induktion der Magnetwicklung (*L*) direkt überwacht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Induktion der Magnetwicklung (*L*) mit einer Meßspule (*L* 1) überwacht wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Induktion der Magnetwicklung (*L*) mit einem Übertrager (*Ü*) überwacht wird, dessen Primärseite die Magnetwicklung (*L*) und dessen Sekundärseite die Meßspule (*L* 1) bildet.
5. Einrichtung zur Kontrolle der mechanischen Bewegung eines Magnetventilankers, für dessen Betätigung eine Magnetwicklung vorgesehen ist, mittels eines vom Strom durch die Magnetwicklung abgeleiteten Signals, gekennzeichnet durch eine an die Magnetwicklung (*MV*) angeschlossene Koppereinrichtung (*A*) zum Nachweis einer Induktionsänderung mit einer nachgeschalteten Energiequelle (*B*) zur Anhebung der Induktionsänderung auf einen feststellbaren Signalpegel.
6. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Übertrager (*Ü*) vorgesehen ist, dessen Primärseite die Magnetwicklung (*L*) bildet und der sekundärseitig eine Meßspule (*L* 1) aufweist, an die die Koppereinrichtung (*A*) angeschlossen ist.

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kontrolle der mechanischen Bewegung eines Magnetventilankers, für dessen Betätigung eine Magnetwicklung vorgesehen ist, mittels eines vom Strom durch die Magnetwicklung abgeleiteten Signals sowie eine Einrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens. Beispielsweise aus der DE-AS 22 51 472 ist eine derartige Einrichtung bekannt, bei der in Reihe zur Magnetwicklung ein Widerstand geschaltet ist, an den eine Differenzerschaltung angeschlossen ist, welcher ein Schwellwertschalter nachfolgt, der daher auf kurzfristige Änderungen des Stromanstiegs durch die Magnetwicklung reagiert. Mit der bekannten Einrichtung soll festgestellt werden, ob sich der Magnetanker tatsächlich in Bewegung setzt. Zur Überwachung dieses Vorgangs wird der Effekt ausgenutzt, daß die Bewegung des Magnetankers bei einem bestimmten Stromwert einsetzt und eine Induktivitätsänderung zur Folge hat, aufgrund derer die zeitliche Ableitung des Strom durch die Magnetspule, der mittels des Spannungsabfalls am Widerstand gemessen wird, ihr Vorzeichen ändert. Zwar eignet sich die bekannte Einrichtung für eine grundsätzliche derartige Funktionskontrolle, um festzustellen, ob der Magnetanker beweg-

lich ist, jedoch ist nur das Einsetzen der Bewegung feststellbar.

Weiterhin ist in der älteren Anmeldung P 36 33 107.4 dieser Anmelderin ein Verfahren zur Steuerung eines elektrisch zwischen zwei Schaltstellungen gesteuerten Ventils beschrieben. Die Istschaltzeiten des Ventils werden erfaßt durch eine Schaltstellungsgebereinrichtung, die beide Schaltstellungen des Ventils signalisiert und die mit einer elektrischen Steuereinrichtung verbunden ist. Durch die Steuereinrichtung erfolgt eine Steuerung des elektrisch gesteuerten Ventils oder eine Korrektur der Steuerzeiten des Ventils. Hierzu ist das Ventil mit einem Ventilschließglied versehen, welches gegenüber einem Führungsgehäuse isoliert und mit einer Meßspannungsquelle verbunden ist. In der offenen Stellung des Ventils liegt dieses an einem Anschlag an, der mit dem Masseanschluß der Meßspannungsquelle verbunden ist. Dagegen erfolgt in geschlossener Stellung eine Anlage des Ventilschließgliedes am Ventilsitz, der ebenfalls mit dem Masseanschluß der Meßspannungsquelle verbunden ist. Zwar lassen sich hierdurch die jeweiligen Endlagen des Ventilschließgliedes erfassen, es hat sich jedoch herausgestellt, daß bei Einspritzsystemen für Brennkraftmaschinen, insbesondere für Dieselmotoren, eine genauere Kenntnis der Schaltzeiten oder der Schaltzeitpunkte des Magnetventils erforderlich ist, um die bei derartigen Systemen geforderte Genauigkeit bei der Bemessung der Einspritzmenge besser realisieren zu können.

## Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Kontrolle der mechanischen Bewegung eines Magnetventilankers, für dessen Betätigung eine Magnetwicklung vorgesehen ist, mittels eines vom Strom durch die Magnetwicklung abgeleiteten Signals, bei welchem die Induktion der Magnetwicklung überwacht und mittels einer externen Energiequelle die Induktivitätsänderungen an interessierenden Schaltpunkten des Magnetventils auf einen feststellbaren Signalpegel angehoben werden, hat insbesondere den Vorteil, daß nunmehr Schaltpunkte des Magnetventilankers beziehungsweise die dazugehörigen Zeiten festgestellt werden können, die nach dem Stand der Technik nicht direkt überwacht werden können. Hierzu zählen beispielsweise im Ausschaltbereich des Magnetventils der Schaltzeitpunkt "BOP", der den Beginn des Ausschaltvorgangs angibt, oder der Schaltzeitpunkt "EIP", das tatsächliche Ende der Einspritzung. Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt darin, daß sich dieses meßtechnisch auf zahlreiche unterschiedliche Arten verwirklichen läßt. Insgesamt wird mit dem erfindungsgemäßen Verfahren daher die Genauigkeit der Bemessung der Einspritzmenge wesentlich erhöht, da nunmehr auch zusätzliche Parameter berücksichtigt werden können, und hierdurch erfolgt eine wesentliche Verbesserung der Steuerbeziehungsweise Regelkreise für solche Systeme.

Vorteilhafterweise wird gemäß der Erfindung die Induktion der Magnetwicklung direkt überwacht. Hierdurch ergibt sich ein besonders geringer Bauteilaufwand und daher eine besonders geringe Störanfälligkeit.

Es kann jedoch auch wünschenswert sein, die Induktion der Magnetwicklung mit einer Meßspule zu überwachen, um beispielsweise für ein spezielles Meßproblem durch Auslegung der Meßspule besonders vorteilhafte Bedingungen zu schaffen. Hierzu wird vorteilhafterweise die Induktion der Magnetwicklung mit einem

Übertrager überwacht, dessen Primärseite die Magnetwicklung und dessen Sekundärseite die Meßspule bildet.

Die voranstehend in bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren geschilderten Vorteile gelten sinngemäß auch für die Einrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zur Kontrolle der mechanischen Bewegung eines Magnetventilankers, für dessen Betätigung eine Magnetwicklung vorgesehen ist, mittels eines vom Strom durch die Magnetwicklung abgeleiteten Signals, wobei eine an die Magnetwicklung angeschlossene Koppereinrichtung zum Nachweis einer Induktionsänderung mit einer nachgeschalteten Energiequelle zur Anhebung der Induktionsänderung auf einen feststellbaren Signalpegel vorgesehen ist.

Demzufolge kann auch bei der erfindungsgemäßen Einrichtung entweder durch direkten Anschluß an die Magnetwicklung die Induktionsänderung detektiert werden oder aber gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ein Übertrager vorgesehen sein, dessen Primärseite die Magnetwicklung bildet und der sekundärseitig eine Meßspule aufweist, an die die Koppereinrichtung angeschlossen ist.

### Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines zeichnerisch dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispiels näher erläutert, aus welchem weitere Vorteile und Merkmale hervorgehen. In Fig. 1 ist schematisch der Zusammenhang zwischen Induktivität einer Magnetspule und der Frequenz bei geschlossenem beziehungsweise geöffnetem Magnetventil dargestellt, Fig. 2a zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Magnetventils mit Magnetwicklung und zugeordneter Ansteuerschaltung, Fig. 2b eine erste bevorzugte Ausführungsform der Erfindung mit direkter Ankopplung der Nachweis-schaltung an die Magnetwicklung und Fig. 2c eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung mit einem Übertrager zwischen Magnetwicklung und Auswerteschaltung. In Fig. 3 sind beispielhaft Signale in ihrer zeitlichen Abhängigkeit dargestellt, die bei der in Fig. 2c dargestellten Ausführungsform der Erfindung gemessen wurden.

### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Bei dem Ausführungsbeispiel handelt es sich um eine Schaltungsanordnung zur Überwachung und Detektion von Schaltzeitpunkten eines Magnetventils in einem Einspritzsystem zur Brennstoffversorgung einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Dieselmotors, beziehungsweise um das zugehörige Verfahren.

In Fig. 1 ist schematisch der grundsätzliche Zusammenhang zwischen der Induktivität  $L$  eines Magnetventils und der Frequenz  $f$  dargestellt. Zwischen dem geschlossenen Zustand des Magnetventils, der durch eine durchgezogene Kurve dargestellt ist, und dem geöffneten Zustand (strichpunktierte Kurve) besteht ein deutlicher Unterschied. Grundsätzlich verhältnismäßig einfach ist die Feststellung eines Schaltpunkts des Magnetventils solange, wie Energie im Magnetkreis vorhanden ist. Das Ausschaltverhalten, bei welchem die Magnetspule nicht mehr von einem Strom durchflossen ist, läßt sich jedoch nicht so einfach überwachen, was besonders bei solchen schnell schaltenden Magnetventilen eine Rolle spielt, bei denen — gegebenenfalls durch zusätzliche Schaltungsmaßnahmen — besondere Vorkehrungen getroffen wurden, um die Energie in das Magnetsy-

stem schnell hinein- als auch wieder herauszubringen (niederinduktive Systeme), um besonders schnelle Schaltvorgänge zu erreichen.

Fig. 2a zeigt schematisch stark vereinfacht die übliche Beschaltung eines Magnetventils  $MV$ . Zur Betätigung des Magnetankers, also des Schließglieds, ist eine Magnetspule  $L$  vorgesehen, die zwischen eine Versorgungsspannung  $U_B$  und eine Leistungsendstufe geschaltet ist, deren anderer Anschluß an Masse liegt. In den Fig. 2a, b, c ist diese Leistungsendstufe symbolisch durch einen Endstufentransistor  $T$  dargestellt. Die Magnetspule  $L$  ist daher zwischen die Versorgungsspannung  $U_B$  und den Kollektor des Transistors  $T$  geschaltet und der Emitter des Transistors  $T$  liegt an Masse. Die Basis des Transistors  $T$  ist zur getakteten Stromversorgung der Magnetspule  $L$  an ein Steuergerät 10 angeschlossen, welches ein Taktsignal an die Basis abgibt.

Bei den bevorzugten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Einrichtung, welche in Fig. 2b und 2c dargestellt sind, ist die Beschaltung der Magnetspule  $L$  ebenso wie in Fig. 2a, jedoch ist zur Vereinfachung der Darstellung das Steuergerät 10 von Fig. 2a in den Fig. 2b und 2c weggelassen.

Bei der ersten Ausführungsform der Erfindung, welche in Fig. 2b gezeigt ist, ist direkt an die beiden Anschlußpunkte der Magnetspule  $L$  des Magnetventils eine Einrichtung  $A$  angeschlossen, welche auf geeignete Weise eine Kopplung und Detektion der Induktivitätsänderung der Magnetspule  $L$  vornimmt. Der Ausgang der Kopplungseinrichtung  $A$  ist an den Eingang eines Verstärkers  $B$  angeschlossen, dem eine Anzeigevorrichtung  $C$  nachgeschaltet ist.

Von dieser ersten Ausführungsform unterscheidet sich die in Fig. 2c gezeigte weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung durch die Art der Auskopplung des Induktivitätssignals von der Magnetspule  $L$ . Hierzu ist in Fig. 2c ein Übertrager  $U$  vorgesehen, dessen Primärwicklung von der Magnetwicklung  $L$  gebildet wird und dessen Sekundärwicklung eine Meßspule  $L_1$  ist. Hieran schließen sich die Kopplungseinrichtung  $A$ , die eine Detektion der Induktivitätsänderung vornimmt, sowie der nachgeschaltete Verstärker  $B$  und die diesem wiederum nachgeschaltete Anzeigevorrichtung  $C$  an, wie sie bereits voranstehend im Zusammenhang mit Fig. 2b besprochen wurden.

Die Funktionsweise der in den Fig. 2b und 2c dargestellten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Einrichtung wird aus dem Zeitdiagramm gemäß Fig. 3 deutlich, welches die zeitliche Abhängigkeit von Signalintensitäten zeigt, welche bei der Fig. 2c gezeigten Ausführungsform auftreten; entsprechendes gilt sinngemäß für die Ausführungsform gemäß Fig. 2b, da sich die Art der Ankopplung des Induktivitätssignals der Magnetspule  $L$  nicht grundsätzlich auf die in Fig. 3 dargestellten Signale auswirkt.

Fig. 3 zeigt schematisch den Zusammenhang zwischen den Steuerimpulsen, welche an der Basis des Transistors  $T$  bei den besprochenen Ausführungsformen anliegen, sowie dem Strom durch die Magnetspule  $L$  und dem von der Koppereinrichtung  $A$  abgenommenen und in der Anzeigevorrichtung  $C$  dargestellten Spannungssignal an der Meßspule  $L_1$  der Ausführungsform gemäß Fig. 2c.

Der eigentlich interessierende Kurvenverlauf ist das Hubsignal der Nadel des Magnetventils. Nach Abschalten des Steuerimpulses für die Leistungsendstufe, welche die Magnetwicklung  $L$  ansteuert, fällt entsprechend der Strom durch die Magnetwicklung  $L$  ab. Danach zei-

gen sowohl der Steuerimpuls als auch der Strom durch die Magnetspule *L* einen im wesentlichen unveränderten glatten Verlauf, aus dem daher keine Informationen über das eigentlich interessierende Signal, nämlich den Nadelhub des Ankers des Magnetventils, gewonnen werden können. 5

Wie aus der schematischen Darstellung von Fig. 3 deutlich wird, liegt der Schaltzeitpunkt "BOP", der den Beginn des tatsächlichen (mechanischen) Schließens der Magnetventilnadel angibt, zeitlich hinter dem Abschaltzeitpunkt sowohl des Steuerimpulses für die Leistungsstufe *T* der Magnetwicklung *L* als auch des durch die Magnetwicklung *L* fließenden Stromsignals. 10

Zeitlich noch später liegt der Schaltzeitpunkt "EIP", der das Ende der tatsächlichen Brennstoffeinspritzung angibt. Auch dieser Schaltzeitpunkt läßt sich daher weder durch eine Überwachung der Steuerimpulse noch eine Überwachung des Stroms durch die Magnetwicklung *L* feststellen. 15

Gemäß der vorliegenden Erfindung jedoch, bei welcher direkt die Induktion der Magnetwicklung *L* überwacht wird, ergeben sich für die Schaltzeitpunkte *BOP* und *EIP* entsprechende, wenn auch kleine Spannungssignale an der Meßspule *L* 1 von Fig. 2c. Die auftretenden Spannungsspitzen im Spannungssignal an der Meßspule *L* 1 liegen, wie aus Fig. 3 deutlich wird, kurz hinter den eigentlichen (mechanischen) Schaltzeitpunkten *BOP* und *EIP*; der zeitliche Abstand läßt sich gegebenenfalls durch Eichmessungen genau berücksichtigen. 20

Durch geeignete Meßverfahren beziehungsweise Meßeinrichtungen lassen sich die kleinen Spannungsspeaks im Spannungssignal an der Meßspule *L* 1, die den Schaltzeitpunkten *BOP* mit 3,0 Volt beziehungsweise *EIP* mit einem geringeren Spannungswert zugeordnet sind, daher gemäß der vorliegenden Erfindung sicher feststellen und für Steuer- und Regelungsvorgänge bei der Brennstoffzumessung einer Einspritzanlage für eine Brennkraftmaschine ausnutzen. 25 30 35

40

45

50

55

60

65

1/2

FIG. 1

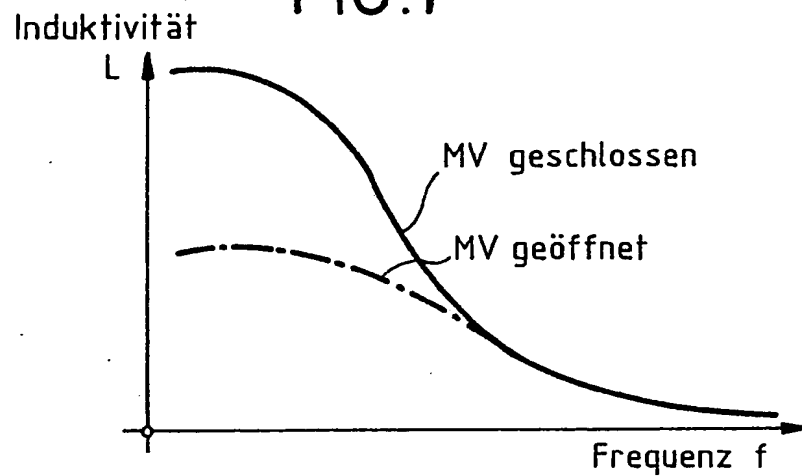


FIG. 2a

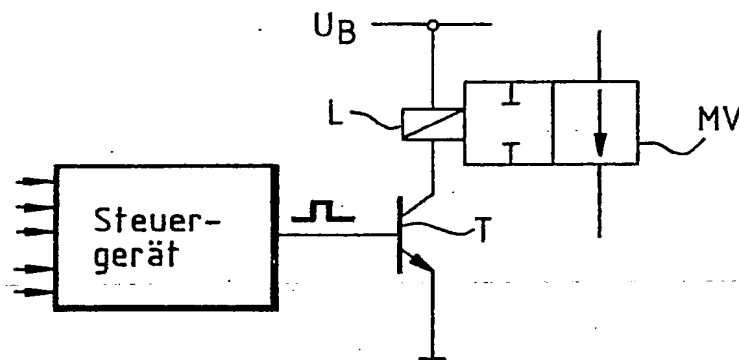


FIG. 2b

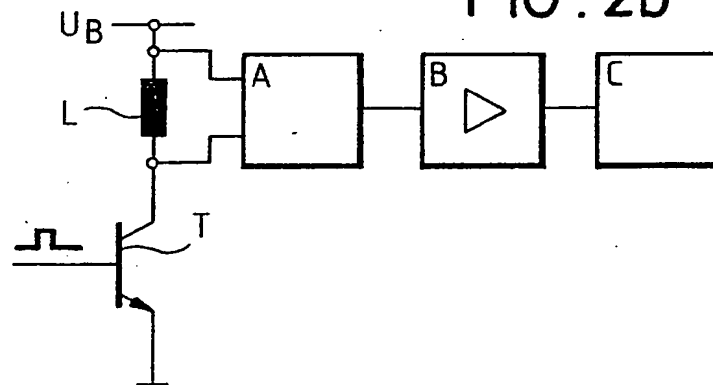


FIG. 2c

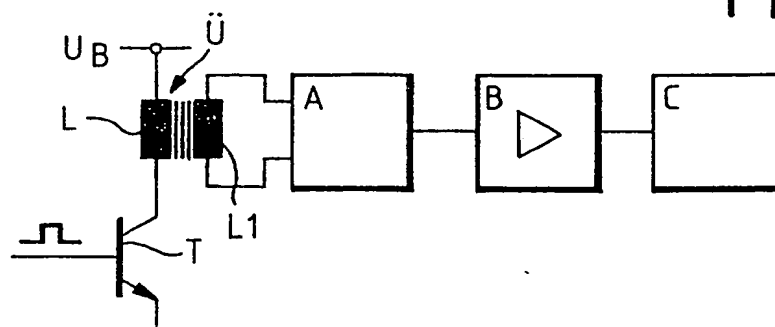


FIG. 3

